

Efeito da Nebulosidade nos Parâmetros da Fluorescência em *Minquartia guianensis* Aubl.

Daniela Pereira Dias¹, Ricardo Antonio Marengo²

Introdução

Acariquara (*Minquartia guianensis* Aubl.) é uma árvore que atinge o dossel da floresta, apesar de ser tolerante à sombra na fase juvenil. É uma espécie bastante utilizada como postes de eletricidade na região amazônica, principalmente por sua madeira possuir alta durabilidade e resistência ao ataque de cupins. Pesquisas recentes mostraram que mudas de acariquara estabelecidas no sub-bosque da floresta apresentam baixa taxa respiratória e baixa fotossíntese [1]. Além disso, plantas jovens aclimatadas à sombra e expostas à alta irradiância por curtos períodos de tempo tiveram a eficiência quântica do fotossistema II diminuída [2], indicando fotoinibição da fotossíntese.

A eficiência quântica do fotossistema II, inferida a partir da relação F_v/F_m (onde F_m é a fluorescência máxima e F_v é a diferença entre F_m e a fluorescência inicial, F_o), é um parâmetro importante na avaliação do desempenho do aparato fotossintético, obtido por meio da fluorescência da clorofila, uma técnica simples e não-destrutiva.

A fotoinibição da fotossíntese é uma condição de estresse fisiológico resultado da redução lenta e reversível da fotossíntese quando plantas são expostas à irradiância excessiva [3]. Entretanto, o que define o grau de fotoinibição não é o tempo de exposição das mudas à irradiância excessiva, mas sim o número de fótons absorvidos pela planta [4]. Assim, espera-se que plantas expostas a áreas abertas em dias nublados sejam menos fotoinibidas do que quando submetidas a condições de pleno sol.

A radiação solar é atenuada e refletida pelo vapor d'água da atmosfera, o qual influencia na qualidade da luz e na fluência de fótons, afetando o crescimento das plantas [5]. Em condições de pleno sol, a fotossíntese é saturada por luz, sendo que os fótons adicionais não utilizados na assimilação de carbono podem levar a fotoinibição da fotossíntese.

As nuvens podem ter grandes efeitos no fluxo de fótons, pois em condições de céu totalmente nublado, a luminosidade pode ser reduzida por mais de 90% [6]. A ausência de nuvens tem também um pequeno efeito no espectro, pois as nuvens agem como filtros, levando a um pequeno aumento na luz azul, porém poucas modificações são observadas em comprimentos de onda maiores envolvidos na fotossíntese [7].

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o efeito da nebulosidade nos parâmetros de fluorescência em *Minquartia guianensis*.

Material e métodos

A.. Material vegetal e condições de crescimento

Mudas de acariquara (*Minquartia guianensis* Aubl., Olacaceae), de três anos, cresceram em sacos plásticos (3 L) contendo solo de floresta com textura argilosa, coletados nos primeiros 20 cm do solo. As mudas foram selecionadas de acordo com o tamanho (30 cm). O substrato foi irrigado diariamente. As mudas cresceram sob a sombra natural de árvores, a um regime médio de luz de 10-20 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no campus V8 do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, AM. As folhas utilizadas na coleta de dados estavam totalmente expandidas e com bom estado fitossanitário.

B Determinação da irradiância

O fluxo de fótons foi medido na sombra e durante a exposição das mudas em área aberta, com um sensor quântico (LI-191SA Li-Cor, Lincoln, Nebraska, EUA) conectado a um datalogger (LI-1000). Os valores de irradiância foram coletados em intervalos de 1 minuto, e posteriormente foi calculada a fluência de fótons (produto entre o tempo de exposição e a irradiância).

C. Determinação da fluorescência da clorofila

A fluorescência da clorofila foi determinada em três folhas por planta com um analisador da eficiência da planta (PEA, MK2 – 9600 – Hansatech, Norfolk, UK). As folhas foram adaptadas ao escuro por 15 min antes da medição do sinal de fluorescência. As folhas foram iluminadas em uma área de 4 mm de diâmetro com um arranjo de 6 LED e pulso de luz de 3000 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Foram registrados os valores de fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m), variável (F_v) e a relação F_v/F_m . A recuperação da fotoinibição foi medida 24 h após a exposição das plantas aos tratamentos de irradiância. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições (plantas). As plantas foram expostas à radiação solar durante 10, 45 e 90 min em dias ensolarados, e em dias nublados durante 120, 180 e 420 min. As plantas controle foram plantas mantidas a 10-20 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Os dados foram

1. Aluna de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Av. André Araújo, 1756, Petrópolis, Manaus, AM. CP 478. CEP 69011-970. Bolsista da CAPES. E-mail: danidias@inpa.gov.br

2. Pesquisador Associado, INPA, Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical. Av. André Araújo, 1756, Petrópolis, Manaus, AM. CEP 69011-970. Bolsista do CNPq. E-mail: rmarengo@inpa.gov.br

Apoio financeiro: FAPEAM (PIPT 1084/04).

submetidos à ANOVA e ao teste de Duncan para comparação das médias entre os tratamentos.

Resultados e discussão

A.. Efeito da nebulosidade na fluorescência

Os valores de F_o aumentaram após a exposição à radiação solar durante 120, 180 e 420 min em dias nublados, em relação aos valores das plantas controle (Tab. 1). Entretanto, F_o diminuiu nas folhas em dias ensolarados (Tab. 1). Esse aumento em F_o tem sido atribuído à inativação do fotossistema II, como resultado do dano na proteína D1 [8,9], sem descartar a possibilidade do desprendimento do complexo coletor de luz do complexo central do fotossistema II. Em plantas do sub-bosque que são repentinamente expostas a alta luminosidade, como acontece na floresta com a abertura de clareiras, a inativação da proteína D1 é provavelmente o mecanismo que leva à fotoinibição.

Por outro lado, F_o permaneceu constante após 45 e 90 min de exposição à radiação solar em dias ensolarados (Tab. 1), o que sugere a ocorrência de fotoinibição crônica, conforme proposto por Dias & Marengo [2].

Em todos os tratamentos, os valores de F_m decresceram após a exposição das plantas a dias ensolarados e nublados (Tab. 1). Em dias ensolarados, F_m reduziu de 36% (10 min) a 66% (90 min), mas em dias nublados, a redução dos valores de F_m foi de 36% a 48%. F_m provavelmente decresceu devido ao aumento da dissipação não-fotoquímica, associada ao ciclo da xantofila, a qual ocorre no complexo coletor de luz, ou devido a danos na proteína D1. No ciclo da xantofila, o excesso de energia é dissipado na forma de calor envolvendo a conversão de violaxantina em zeaxantina [8], por um mecanismo ainda não bem elucidado.

Quanto maior o tempo de exposição das mudas à radiação solar, menor foi o valor de F_v/F_m . Em fluência de 9 a 9,7 mol m⁻², a eficiência quântica do fotossistema II foi maior em dias nublados do que naqueles ensolarados (Tab. 1). A redução na relação F_v/F_m observada neste estudo está bem documentada na literatura, e indica redução na eficiência quântica do fotossistema II, que em determinadas circunstâncias podem levar a danos no fotossistema II, particularmente quando o tempo de recuperação é maior que 12 h (fotoinibição crônica).

O efeito da nebulosidade na relação F_v/F_m (eficiência quântica do FS II) sugere que mudanças na qualidade da luz podem ter contribuído para mitigar os efeitos da fotoinibição. Talvez porque a nebulosidade reduz em maior proporção a radiação ultravioleta do espectro solar, no caso as nuvens agindo como filtros seletivos [5].

B. Recuperação da fotoinibição após 24 horas

Durante a recuperação da fotoinibição em baixa luminosidade, os valores de F_o aumentaram nos tratamentos nublados, mas mantiveram-se constantes nos tratamentos ensolarados (Tab. 2). O aumento de F_o em plantas expostas a dias nublados sugere danos menos severos à proteína D1 do FS II [2].

Os valores de F_m aumentaram durante a recuperação

(observe valores da Tab. 1 e 2 para um mesmo tratamento), porém sem atingir os valores obtidos nas plantas controle (fluência 0). O mesmo ocorreu com os valores da relação F_v/F_m , isto porque a recuperação dos valores de F_v/F_m depende fundamentalmente da restauração dos valores de F_m .

A restauração dos valores de F_m envolve o encerramento do ciclo da xantofila, bem como a recomposição estrutural do FS II danificado pela radiação solar intensa. Assim, a incompleta restauração dos valores de F_m pode sugerir acúmulo de zeaxantina (retardo no ciclo da xantofila), ou ainda a presença de fotossistemas inativos na membrana dos tilacóides. Como as plantas aclimatadas à sombra têm baixa concentração de pigmentos do ciclo da xantofila [8], a segunda hipótese parece mais provável, indicando fotoinibição crônica.

C. Fluência de fótons

Em dias nublados, F_o aumentou com a fluência de fótons (Tab. 1). Já em dias ensolarados, a fluência de fótons não teve efeito significativo nos valores de F_o .

Os outros parâmetros de fluorescência (F_m e F_v/F_m) declinaram com a fluência de fótons (Tab. 1), confirmando a hipótese de Anderson et al. [4] de que o declínio de fotossistemas II ativos depende da quantidade de luz absorvida, e não do tempo em que a planta ficou exposta à radiação excessiva.

Concluiu-se que a exposição das plantas à radiação solar reduz a fluorescência máxima (F_m) e a relação F_v/F_m , em proporção à fluência de fótons incidente na folha. Para uma mesma fluência de fótons (mol fótons m⁻²), a nebulosidade mitiga o efeito da fotoinibição, sugerindo que a qualidade da luz influencia na fotoinibição da fotossíntese.

Agradecimentos

CNPq, CAPES e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM – PIPT 1084-04).

Referências

- [1] MARENCO, R.M. & VIEIRA, G. 2005. Specific leaf area and photosynthetic parameters of tree species in the forest understorey as a function of the microsite light environment in central Amazonia. *Journal Tropical Forest Science*, 17: 265-278.
- [2] DIAZ, D.P. & MARENCO, R.M. 2006. Photoinhibition of photosynthesis in *Mimosa pudica* inferred by monitoring the initial fluorescence. *Photosynthetica*, 44: 235-240.
- [3] LONG, S.P.; HUMPHRIES, S. & FALKOWSKI, P.G. 1994. Photoinhibition of photosynthesis in nature. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 45: 633-662.
- [4] ANDERSON, J.M.; PARK, Y.I. & CHOW, W.S. 1997. Photoinactivation and photoprotection of photosystem II in nature. *Physiologia Plantarum*, 100: 214-223.
- [5] SMITH, H. 1982. Light quality, photoperception and plant strategy. *Annual Review Plant Physiology*, 33: 481-518.
- [6] CALBÓ, J.; PAGÈS, D. & GONZÁLES, J.-A. 2005. Empirical studies of clouds effects on UV radiation: a review. *Review Geophysical*, 43: 1-28.
- [7] ROBERTSON, G.W. 1966. The light composition of solar and sky spectra available to plants. *Ecology*, 47: 640-643.
- [8] DEMMIG-ADAMS, B. & ADAMS III, W.W. 1992. Photoprotection and other response of plants to high light stress.

Tabela 1. Tempo de exposição à radiação solar em dias nublados e ensolarados, fluência (tempo x irradiância) e valores de fluorescência da clorofila após exposição de *Minquartia guianensis* aos tratamentos. F_o , fluorescência inicial; F_m , fluorescência máxima e F_v , fluorescência variável. Cada valor corresponde à média de cinco plantas e três folhas por planta.

Tratamentos (minutos)		Fluência (mol m ⁻²)	F_o (unidades relativas)		F_m (unidades relativas)		F_v/F_m	
Ensolarado	Nublado		Ensolarado	Nublado	Ensolarado	Nublado	Ensolarado	Nublado
0	0	0	100 abA	100 cA	100 aA	100 aA	0.78 aA	0.79 aA
10	120	0,91 - 2,35	106 aB	122 bA	64 bA	64 bcA	0.62 bA	0.59 bA
45	180	4,11 - 4,95	93 bB	143 abA	37 cB	57 bcA	0.44 cA	0.49 cA
90	420	9,00 - 9,66	94 bB	141 abA	34 cB	52 cA	0.36 dA	0.43 dB

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Tempo de exposição à radiação solar em dias nublados e ensolarados, fluência (tempo x irradiância) e valores de fluorescência da clorofila após 24 horas de recuperação em baixa luminosidade em *Minquartia guianensis*. F_o , fluorescência inicial; F_m , fluorescência máxima e F_v , fluorescência variável. Cada valor corresponde à média de cinco plantas e três folhas por planta.

Tratamentos (minutos)		Fluência (mol m ⁻²)	F_o (unidades relativas)		F_m (unidades relativas)		F_v/F_m	
Ensolarado	Nublado		Ensolarado	Nublado	Ensolarado	Nublado	Ensolarado	Nublado
0	0	0	100 aA	100 cA	100 aA	100 aA	0.78 aA	0.79 aA
10	120	0,91 - 2,35	108 aA	110 bA	96 aA	88 bA	0.74 bA	0.73 bA
45	180	4,11 - 4,95	105 aB	121 abA	72 bB	90 bA	0.67 bA	0.72 bA
90	420	9,00 - 9,66	102 aB	125 abA	60 cB	75 cA	0.58 cA	0.66 cB

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.